Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

S C C S | **C S A S**

Secrétariat canadien de consultation scientifique | **Canadian Science Advisory Secretariat**

Document de recherche 2005/059 | **Research Document 2005/059**

Ne pas citer sans autorisation des auteurs * | Not to be cited without permission of the authors *

Critères et proposition pour une définition des unités de production du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent

Criteria and Proposition for the Definition of Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Production Units in the Estuary and Northern Gulf of St. Lawrence

Bernard Sainte-Marie[1], Réjean Dufour[1], Luc Bourassa[2], Denis Chabot[1], Mélanie Dionne[3], Denis Gilbert[4], Amélie Rondeau[5] et Jean-Marie Sévigny[1]

[1] Direction des sciences halieutiques et aquaculture, Ministère des Pêches et des Océans, Institut Maurice-Lamontagne, 850 route de la Mer, C.P. 1000 Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4 Canada

[2] 93 route du Fleuve Ouest, Sainte-Luce (Québec) G0K 1P0 Canada

[3] Département de biologie, Université Laval, Québec (Québec) G1K 7P4 Canada

[4] Direction des sciences océaniques et environnementales, Ministère des Pêches et des Océans, Institut Maurice-Lamontagne, 850 route de la Mer, C.P. 1000 Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4 Canada

5 Direction des océans et des sciences, Centre des Pêches du Golfe, Ministère des Pêches et des Océans, 343 avenue Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 Canada

* La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

* This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à: | This document is available on the Internet at:
http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

ISSN 1499-3848 (Imprimé / Printed)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2006
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2006
Canada

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ / ABSTRACT v

1. INTRODUCTION 1

2. DISTRIBUTION SPATIALE DU CRABE DES NEIGES 2

2.1. Distribution spatiale et structure génétique dans l'ouest de l'Atlantique 2

2.2. Capacité de dispersion et déplacements 2

2.3. Conditions physiques limitant la distribution et la dispersion 4

2.3.1. Température 4

2.3.2. Salinité 5

2.3.3. Oxygène 6

2.3.4. Substrat 6

2.3.5. Pression (profondeur) et lumière 7

2.4. L'habitat du crabe des neiges en résumé 8

3. VARIABILITÉ SPATIALE DE LA TAILLE ET DE LA PRODUCTIVITÉ 9

4. DÉFINITION DES UNITÉS DE PRODUCTION DU CRABE DES NEIGES 11

4.1. Critères de définition 11

4.2. Description des unités de production proposées 11

5. CONCLUSION 14

6. REMERCIEMENTS 14

7. RÉFÉRENCES 14

ANNEXE 1 20

RÉSUMÉ

Les frontières actuelles des zones de gestion du crabe des neiges dans la région du Québec du Ministère des pêches et des océans (MPO) ne sont pas étayées par des critères biologiques ou océanographiques et regroupent parfois des territoires à caractéristiques très différentes. Il y a donc un besoin, identifié par le CCRH (2005), de définir des unités de production biologique afin de mieux suivre l'état des populations et assurer leur conservation. À cette fin, nous avons identifié, à partir d'une revue de la littérature scientifique et de données de chalutage pour le golfe du Saint-Laurent, les facteurs biologiques et physiques qui limitent la distribution et la dispersion du crabe des neiges. Cette information nous permet de caractériser l'habitat du crabe des neiges, qui peut être défini comme un territoire à fonds de sédiments meubles, baignés par des eaux à salinité > 26 ‰, dont une partie est à une température de 0–2 °C et le reste à une température variant d'à peu près –1,5 à 4 °C. Les eaux de surface au-dessus de ce territoire doivent avoir une salinité généralement > 26 ‰ et se réchauffer jusqu'à 5–15 °C pendant plusieurs semaines pour la survie et le développement des larves. Les larves du crabe des neiges peuvent se disperser sur de grandes distances, ce qui peut expliquer la faible différentiation génétique des populations à l'intérieur du Golfe, mais les divers stades benthiques ont généralement une capacité de dispersion bien moindre. Nous décrivons les critères retenus pour la définition des unités de production et sur cette base nous proposons un découpage du territoire administratif du MPO-Québec en sept unités.

ABSTRACT

The current borders of snow crab management areas in the Department of Fisheries and Oceans (DFO) Québec region are not based on biological or oceanographical criteria and some times enclose territories with very different characteristics. As noted by the FRCC (2005), there is a need to define biological production units to better monitor the status and ensure conservation of populations. Toward that goal, we conducted a literature review and used trawl data from the Gulf of Saint Lawrence to identify the biological and physical factors that constrain the distribution and dispersal of snow crab. This information allows us to characterize snow crab habitat, which can be defined as a territory with bottoms of soft sediments, bathed by waters with a salinity > 26 ‰, part of which is at a temperature of 0–2 °C and the remainder at a temperature varying from about –1.5 to 4 °C. The surface waters above this territory must generally have a salinity > 26 ‰ and warm up to 5–15 °C for several weeks for larvae to survive and grow. Snow crab larvae can disperse themselves over long distances and this may explain the weak genetic differentiation of populations within the Gulf. However, the various benthic stages generally have a much smaller dispersal capability. We describe the criteria used to define biological production units and on that basis we propose to divide the territory under the responsibility of DFO-Québec into seven units.

1. INTRODUCTION

Les mesures de gestion de la pêche au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) comprennent entre autres une limitation de l'effort et des captures par zone de pêche. Le territoire maritime sous la responsabilité de la région du Québec du Ministère des Pêches et des Océans (MPO) est actuellement découpé en neuf zones de pêche au crabe des neiges (Fig. 1), pour lesquelles la Direction des Sciences doit fournir des avis scientifiques afin d'assurer la conservation de la ressource. Les frontières de plusieurs de ces zones ont été tracées dans les années 1980, alors que les connaissances sur la distribution spatiale et la biologie du crabe des neiges étaient encore fragmentaires.

Les frontières des zones de pêche actuelles n'englobent peut-être pas toujours toutes les composantes d'une population de crabe des neiges, à savoir les géniteurs, la phase larvaire comprenant deux stades zoés et un stade mégalope (Lanteigne 1985) et la phase benthique comprenant plusieurs stades immatures et pré-adultes ainsi que le stade adulte dont une partie des individus sont des géniteurs (Robichaud *et al.* 1989, Sainte-Marie *et al.* 1995, Conan *et al.* 1996, Alunno-Bruscia et Sainte-Marie 1998, Comeau *et al.* 1998). De plus, certaines zones de pêche pourraient être découpées en sous-parties par un relief peu ou pas franchissable par les stades benthiques du crabe des neiges, ce qui préviendrait le rééquilibrage par migration si une sous-partie était plus fortement pêchée qu'une autre. Enfin, certaines zones pourraient chevaucher deux écosystèmes à régimes environnementaux différents dans lesquels la productivité du crabe des neiges et sa résilience à l'exploitation peuvent être très différentes. L'identification des unités de production du crabe des neiges devient donc un élément clé d'une stratégie globale de conservation de l'espèce (CCRH 2005).

En 2003, un groupe de travail a reçu le mandat de proposer des critères pour la définition des unités de production du crabe des neiges dans la région administrative du MPO-Québec à partir d'une synthèse de l'information sur la biologie, l'écologie et la pêche de l'espèce. Le présent rapport fait état du travail réalisé. Nous y faisons d'abord une revue de la distribution et de la structure génétique des populations du crabe des neiges à l'échelle de l'Atlantique du nord-ouest, ainsi que de la capacité de dispersion et des contraintes physico-chimiques à l'extension spatiale de l'espèce aux deux phases de son cycle de vie. Ensuite, nous tentons une définition de l'habitat du crabe des neiges et nous décrivons les critères retenus pour la définition des unités de production. Une proposition concrète d'unités de production s'ensuit. L'objectif principal de cet exercice est de fournir un cadre pour ramener les avis scientifiques sur la base d'une population avec un territoire commun. Deuxièmement, ce document pourra aussi guider les gestionnaires et les membres de l'industrie de la pêche dans l'éventualité où il serait nécessaire de modifier les limites de certaines zones de pêche.

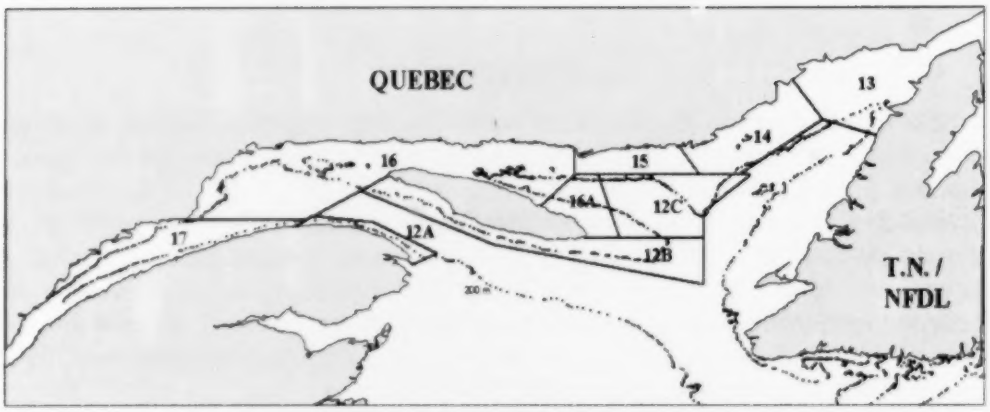


Figure 1. Zones de pêche pour le crabe des neiges de la région du Québec en 2006. L'isobathe de 200 mètres est montrée.

2. DISTRIBUTION SPATIALE DU CRABE DES NEIGES

2.1. Distribution spatiale et structure génétique dans l'ouest de l'Atlantique

Du côté ouest de l'Océan Atlantique, le crabe des neiges est distribué le long d'une grande partie de la côte du Canada, depuis la pointe sud de la Nouvelle-Écosse jusqu'à environ la mi-hauteur du Labrador, ainsi qu'à l'intérieur de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Squires 1990). Le crabe des neiges est aussi retrouvé sur la côté ouest du Groenland, depuis la pointe sud jusqu'à environ 72° de latitude nord (Squires 1990, AD Burmeister, Grønland Naturinstitut, comm. pers).

Une analyse récente de la structure génétique du crabe des neiges à l'échelle de l'ouest de l'Atlantique montre une très forte différenciation entre les populations du crabe des neiges de la côte ouest du Groenland et celles des côtes canadiennes (Puebla 2003). Cette différenciation pourrait s'expliquer par l'absence d'échanges d'individus tant durant la phase larvaire pélagique que durant la phase benthique ou par une dispersion larvaire asymétrique du Groenland vers le Canada (Puebla 2003). Par contre, les populations canadiennes du crabe des neiges sont peu différenciées entre elles, en particulier à l'intérieur du golfe du Saint-Laurent. La structure génétique le long des côtes canadiennes montre néanmoins une certaine organisation spatiale qui peut suggérer une propagation par cascade latitudinale du nord vers le sud (Puebla 2003). Une étude de la structure génétique du crabe des neiges du Pacifique nord a également conclu à des échanges importants d'individus, probablement pendant la phase larvaire, entre les différents sites échantillonnés (Merkouris et Seeb 1998).

2.2. Capacité de dispersion et déplacements

La capacité de dispersion du crabe des neiges est encore assez peu connue, mais est certainement très variable selon la phase du cycle de vie. Le potentiel de

dispersion serait très grand – jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres – pendant la phase larvaire (Merkouris et Seeb 1998, Puebla 2003) qui dure de 3 à 5 mois (Lanteigne 1985, Lovrich *et al.* 1995). Par contre, il ne serait que de quelques dizaines ou centaines de mètres par année pour les stades cryptiques de la phase benthique qui dure environ deux ans et qui comprend les individus à largeur de carapace (LC) inférieure à 12 mm (Kon 1980, Lovrich *et al.* 1995), et atteindrait jusqu'à quelques kilomètres par année pour les crabes immatures de 12–35 mm de LC (Lovrich *et al.* 1995). Les déplacements mesurés en ligne droite pour les mâles adolescents (> 35 mm de LC) et adultes sont de l'ordre de 10 à 170 kilomètres sur un à trois ans (McBride 1982, Dufour 1987, Biron *et al.* 2003). La capacité de dispersion des femelles adultes n'a pas été étudiée mais elle est probablement faible – de l'ordre de quelques kilomètres par année – car celles-ci peuvent accumuler de lourdes charges d'épibiontes qui suggèrent un comportement sédentaire (Conan *et al.* 1996).

Après la période cryptique, les individus de la phase benthique du crabe des neiges deviennent beaucoup plus mobiles et effectuent des mouvements ontogéniques et des migrations saisonnières. Le centre de la distribution spatiale des crabes juvéniles et pré-adultes observé en été semble se déplacer graduellement, des faibles profondeurs vers les plus grandes profondeurs, à mesure qu'ils croissent (Lovrich *et al.* 1995). L'ampleur spatiale de ce déplacement ontogénique est moindre chez les femelles que chez les mâles. Sur ce mouvement ontogénique, dans certaines et peut-être même toutes les régions, est superposée une migration annuelle qui, tard l'automne, ramène la plupart des individus immatures et pré-adultes à faible profondeur, où ils muent au cours de l'hiver ou tôt au printemps (Sainte-Marie et Hazel 1992, Lovrich *et al.* 1995). Après leur mue terminale, les femelles devenues adultes et reproductrices amorcent une descente vers des profondeurs plus grandes (40–110 m) dans la couche intermédiaire froide (CIF, couche d'eau à température < 3°C; Gilbert et Pettigrew 1997) où elles peuvent séjourner jusqu'à leur mort (Lovrich *et al.* 1995, Ernst *et al.* 2005). Quant aux mâles devenus adultes, ils se re-dispersent pour l'été vers les plus grandes profondeurs (Bouchard *et al.* 1986, Brêthes et Coulombe 1990, Lefebvre et Brêthes 1991) mais continuent par la suite d'effectuer annuellement une migration bathymétrique associée à la reproduction hivernale (femelles primipares) ou printanière (femelles multipares) jusqu'à ce qu'ils deviennent sénescents (Lovrich *et al.* 1995). Il arrive parfois que ces mâles adultes emportent avec eux des femelles multipares à des profondeurs plus faibles (Taylor *et al.* 1985, Hooper 1986, Comeau *et al.* 1998). Bien que les remontées hivernales du crabe des neiges près de la côte n'aient été bien documentées et quantifiées que dans un seul lieu de la Côte-Nord (Sainte-Marie *et al.* 1988, Lovrich *et al.* 1995), les observations anecdotiques de plusieurs plongeurs en d'autres lieux (F. Hazel et R. Larocque, Institut Maurice-Lamontagne, comm. pers.) laissent penser que le phénomène est répandu le long des côtes maritimes du Québec.

L'ampleur des mouvements ontogéniques ou des migrations du crabe des neiges varie sans doute selon la topographie et l'étendue des fonds baignés par des eaux qui lui sont favorables. Ainsi les mouvements se feraient sur une centaine de kilomètres et plus dans la mer de Bering (McBride 1982, Ernst *et al.* 2005), mais

seulement sur des kilomètres ou des dizaines de kilomètres le long de la côte nord de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Lovrich *et al.* 1995). De plus, la densité de population peut influencer la dispersion et la distribution du crabe des neiges : la distribution spatiale du crabe des neiges est plus étendue et plus continue lorsque la population est abondante, mais plus restreinte et plus discontinue (en taches) lorsque la population est peu abondante (Swain et Wade 2003). De façon générale, les limites à la dispersion et à la distribution des phases de vie du crabe des neiges seraient dictées par les conditions physico-chimiques du milieu et par des facteurs intrinsèques liés au stade de développement, à la taille, à la maturité ou à la reproduction.

2.3. Conditions physiques limitant la distribution et la dispersion

2.3.1. Température

Bien que le crabe des neiges soit associé à des eaux très froides, sa quasi-absence de l'océan Arctique ainsi que sa distribution bathymétrique et géographique le caractérisent comme une espèce arctique-boréale (Williams 1984, Squires 1990). Pendant la phase larvaire, les meilleures températures pour la survie au laboratoire seraient de 7 à 15 °C pour les larves zoé et de 10 à 15 °C pour la larve mégalope (Kon 1980, Kogane *et al.* 2005). La survie des larves zoé serait faible à des températures moyennes plus extrêmes de 5 ou 16 °C et nulle à 19 °C (Kon 1980, Kogane *et al.* 2005). Dans la mer du Japon, les deux stades zoé ont été retrouvés en grande abondance dans des eaux sub-superficielles dont la température variait entre 8 et 15 °C, alors que la larve mégalope se développait initialement dans ces mêmes eaux avant d'amorcer, en fin d'intermue, sa descente vers des eaux plus profondes et plus froides (< 5 °C) pour la déposition sur le fond et la métamorphose en petit crabe (Kon *et al.* 2003). Dans la baie des Chaleurs (Québec et Nouveau-Brunswick) et Bonne Bay (côte ouest de Terre-Neuve), des relevés planctoniques suggèrent que les larves zoé sont majoritairement associées à des eaux < 5 °C jusqu'à la mi-juillet et plus souvent à des eaux de 10–15 °C vers la fin de juillet et en août (Lanteigne 1985, Conan *et al.* 1996). On connaît mal le comportement de migration verticale des larves du crabe des neiges, mais il pourrait évidemment servir à réguler la position de la larve dans la colonne d'eau afin qu'elle bénéficie d'une température optimale.

Les crabes immatures appartenant aux premiers stades benthiques peuvent tolérer des températures aussi froides que −1,8 °C et aussi chaudes que 6 °C pendant plusieurs mois, mais, à plus long terme, leur survie serait faible ou nulle à des températures ≤ −1 °C ou supérieures à 3 °C (Thompson et Hawryluk 1990; Gravel 2002; B. Sainte-Marie et F. Hazel, observations non publiées). Des expériences de laboratoire ont montré que les crabes des stades cryptiques préfèrent des températures de 0–2 °C à des températures plus chaudes (Dionne *et al.* 2003). La tolérance à la « chaleur » semble croître avec la taille (Foyle *et al.* 1989) et une tendance à la diminution de l'occurrence et à l'augmentation du poids moyen des crabes en fonction de la température croissante est évidente dans le golfe du Saint-Laurent (Fig. 2). Ainsi, les plus grands crabes peuvent

occasionnellement être retrouvés dans des eaux aussi chaudes que 7 °C, mais ils sont généralement concentrés à des températures inférieures à 3 ou 4 °C (Fig. 2; Slizkin 1982, Williams 1984, Squires 1990, Tremblay 1997, Dawe et Colbourne 2002; Yanigomoto *et al.* 2004). Les grands mâles adultes ont un bilan énergétique négatif à des températures supérieures à 7 °C (Foyle *et al.* 1989) et des mortalités peuvent survenir à très court terme à des températures supérieures à 12 °C, surtout si la salinité est faible (Hardy *et al.* 1994).

La température pourrait être un facteur déterminant dans l'orientation et l'étendue des mouvements ontogéniques et des migrations saisonnières. Tout récemment, Ernst *et al.* (2005) ont proposé que l'orientation des mouvements ontogéniques et migratoires dans la mer de Bering est guidée par les gradients de température de fond, les crabes s'orientant toujours dans la direction du gradient de température le plus accentué, et ce, jusqu'à l'atteinte d'une température préférée ou limitante.

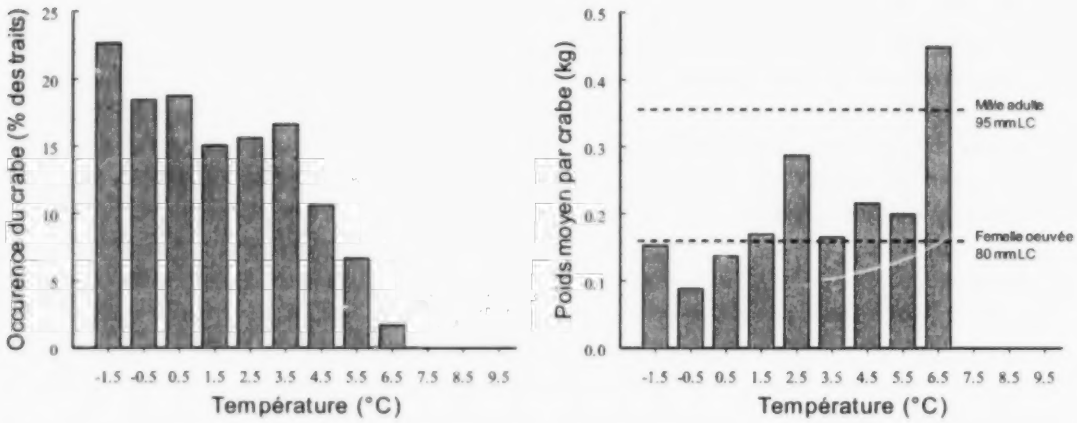


Figure 2. Occurrence relative (pourcentage des traits avec au moins un crabe des neiges) et moyenne du poids moyen des crabes des neiges par trait positif pour les strates de température de –1,5 à 9,5 °C lors des levés multispécifiques des navires Gadus Atlantica, Lady Hammond et Alfred Needler effectués dans le golfe Saint-Laurent de 1984 à 1999 (voir l'Annexe 1 pour le nombre et la distribution spatiale des traits). La température a un effet significatif sur l'occurrence (test de χ^2 avec correction de Yate, $P < 0,001$) et sur le poids moyen (ANOVA à un facteur sur les données log-transformées excluant les strates 7,5–9,5°C échantillonnées mais ne contenant aucun crabe, $P = 0,027$). Le poids moyen d'une femelle oeuvée de 80 mm de LC et d'un mâle adulte de 95 mm de LC est indiqué dans le panneau de droite à titre de référence.

2.3.2. Salinité

Tant au cours de la phase larvaire que de la phase benthique, l'hémolymphe des crabes du genre *Chionoecetes* est isoionique et isosmotique avec l'eau de mer ambiante, à l'exception du Mg^{2+} qui est régulé à la baisse (Mackay et Prosser 1970, Charmantier et Charmantier-Daures 1995). Les larves du crabe des neiges peuvent tolérer des variations importantes de la salinité, mais seulement pour de courtes périodes de temps. À une température de 14 °C, la salinité inférieure et

supérieure létale pour 50 % des larves zoé I était respectivement de 10 et 42 ‰ pour 24 h d'exposition, de 18 et 41 ‰ pour 48 h d'exposition et de 25 et 38 ‰ pour 96 h d'exposition (Charmantier et Charmantier-Daures 1995).

La phase benthique du crabe des neiges est sténohaline et est normalement associée à des habitats à « pleine » salinité, soit plus de 26 ‰ (Williams 1984, Squires 1990). La salinité inférieure et supérieure létale pour 50 % des individus préadultes appartenant au stade IX (43–54 mm LC) était respectivement de 13,5 et 46 ‰ à 6 °C (Charmantier et Charmantier-Daures 1995). Le niveau de mortalité des mâles adultes sur une période de 100 heures augmente rapidement à des salinités inférieures à 21 ‰ et chez les mâles récemment mués, un niveau de salinité faible mais non létal pourrait abaisser le seuil supérieur de température létale (Hardy *et al.* 1994).

2.3.3. Oxygène

La capacité anaérobique a été présumée faible ou inexistante chez les crabes des stades cryptiques en raison de l'absence apparente d'enzymes appropriées (Angers *et al.* 1994). De plus, au cours d'une expérience en laboratoire, lorsque le niveau de saturation en oxygène a baissé en deçà de 70 % les crabes des stades cryptiques ont eu un comportement anormal qui aurait probablement été délétère en nature, soit une perte de motricité et un basculement sur le dos (Dionne *et al.* 2003). Cependant, il apparaît maintenant que d'autres facteurs inconnus aient pu causer ce comportement. En effet, lors d'expériences préliminaires d'une durée de quelques jours, les mortalités des crabes des stades cryptiques ont été très faibles ou nulles à des niveaux de saturation en oxygène aussi bas que 30 % (D. Chabot, données préliminaires). Les crabes des neiges plus grands que 20–35 mm LC ont les enzymes appropriées pour le métabolisme anaérobie (Angers *et al.* 1994) et pourraient être très tolérants à l'hypoxie. Par exemple, quelques grands mâles adultes ont été capturés dans l'Estuaire du Saint-Laurent à une profondeur de 314 m où le niveau de saturation en oxygène n'était que de 17,8 % (D. Gilbert, données non publiées). Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble donc que le crabe des neiges puisse tolérer de très faibles niveaux d'oxygène au moins pour des périodes courtes (quelques jours) et peut-être même plus longues (semaines ou mois), selon son stade de développement.

2.3.4. Substrat

Les stades benthiques du crabe des neiges sont généralement associés à des substrats vaseux, sablo-vaseux ou de sable fin (Powles 1966, Coulombe *et al.* 1985, Brêthes *et al.* 1987, Robichaud *et al.* 1989), mais une certaine flexibilité existe surtout chez les crabes mâles adolescents et adultes qui se retrouvent parfois sur des fonds de gravier ou de roche-mère (B. Sainte-Marie et F. Hazel, observations personnelles). Les crabes des stades cryptiques ont nettement préféré le plus fin de trois types de sédiments offerts dans une expérience de laboratoire et s'y enfouissaient (Dionne *et al.* 2003). La possibilité de fouir ou de se

cacher dans des débris ligneux ou de macroalgues pourrait être déterminante pour la survie des premiers stades benthiques (Robichaud *et al.* 1991, Lovrich *et al.* 1995).

2.3.5. Pression (profondeur) et lumière

Le crabe des neiges ne semble pas réfractaire à une faible pression (profondeur) et à une forte luminosité quand l'eau est froide et salée, puisque l'espèce a été observée en grands nombres dans l'infralittoral pour des périodes de temps prolongées en hiver (Sainte-Marie *et al.* 1988, Lovrich *et al.* 1995). À l'inverse, l'absence ou la rareté du crabe des neiges dans la partie profonde du chenal Laurentien, démontrée par les relevés multispécifiques (Fig. 3) et suggérée par la distribution spatiale de l'effort de pêche au crabe des neiges (Fig. 4), ne peut s'expliquer par une trop grande pression (profondeur) ou une trop faible luminosité. En effet, le crabe des neiges est distribué jusqu'à au moins 600 m de profondeur dans la mer du Japon (Yosho et Hayashi 1994) et jusqu'à au moins 1400 m de profondeur sur la côte est de Terre-Neuve là où les températures sont inférieures à 4,5 °C (Dawe et Colbourne 2002). Du point de vue physico-chimique, la distribution bathymétrique des stades benthiques mobiles du crabe des neiges s'expliquerait donc principalement par la température et serait dynamique en réponse à des changements rapides de celle-ci (Lovrich *et al.* 1995, Conan *et al.* 1996; voir plus haut). Dans le golfe du Saint-Laurent, la thermocline détermine la limite bathymétrique supérieure de distribution du crabe des neiges, au printemps, en été et à l'automne (Lovrich *et al.* 1995, Conan *et al.* 1996) alors que les eaux plus chaudes des chenaux déterminent la limite bathymétrique inférieure à la distribution (Lovrich *et al.* 1995, Dionne *et al.* 2003).

Au cours de l'été et de l'automne, partout dans l'est du Canada, il semble exister une ségrégation bathymétrique entre les mâles de taille intermédiaire (environ 60–100 mm de LC, surtout adolescents), les femelles adultes et les mâles plus grands (surtout adultes), les deux premiers groupes étant concentrés à des profondeurs et à des températures plus faibles que le troisième groupe (Lovrich *et al.* 1995, Comeau *et al.* 1998, Dawe et Colbourne 2002; Yanigomoto *et al.* 2004). Cette ségrégation est en partie apparente dans la Fig. 3 par l'augmentation du poids moyen du crabe des neiges avec la profondeur croissante. Cette ségrégation pourrait refléter des différences entre les deux groupes de mâles au niveau de la tolérance ou de la préférence à l'égard de subtils gradients de température, de sédiments ou de proies. Elle pourrait également refléter des comportements d'exclusion territoriaux ou des limites à la capacité de dispersion.

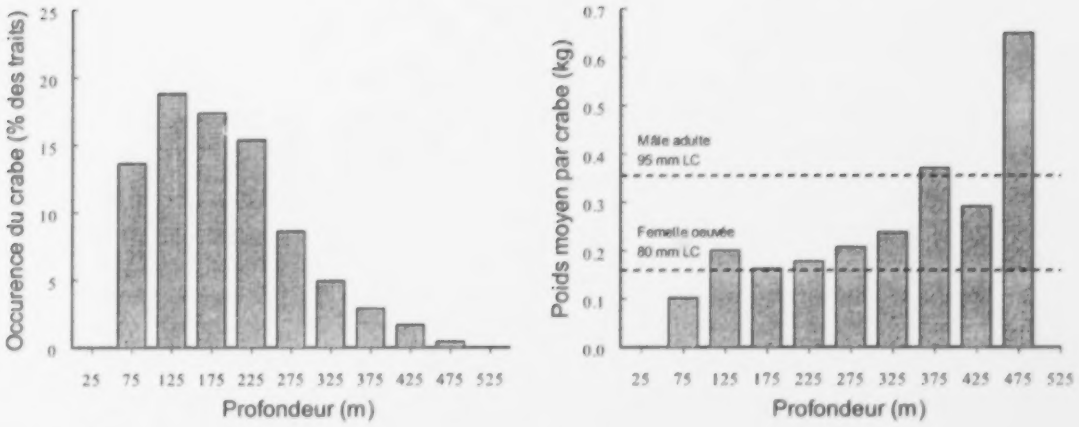


Figure 3. Occurrence relative (pourcentage des traits avec au moins un crabe des neiges) et moyenne du poids moyen des crabes des neiges par trait positif pour les strates de profondeur de 25 à 525 m lors des levés multispécifiques des navires Gadus Atlantica, Lady Hammond et Alfred Needler effectués dans le golfe Saint-Laurent de 1984 à 1999 (voir l'Annexe 1 pour le nombre et la distribution spatiale des traits). La profondeur a un effet significatif sur l'occurrence (test de χ^2 avec correction de Yate, $P < 0,001$) et sur le poids moyen (ANOVA à un facteur sur les données log-transformées excluant les strates de 25 et 525 m, échantillonnées mais n'ayant rapporté aucun crabe, $P < 0,001$). Le poids moyen d'une femelle oeuvée de 80 mm de LC et d'un mâle adulte de 95 mm de LC est indiqué dans le panneau de droite à titre de référence.

Il est à noter que dans les régions géographiques ou durant les époques où le cœur de la couche intermédiaire froide (CIF) se maintient à des températures inférieures à 0 °C pendant toute ou une partie importante de l'année, la distribution bathymétrique des crabes des stades cryptiques peut être disjointe car ils ont alors tendance à occuper les fonds légèrement plus chauds de part et d'autre du cœur de la CIF. Ce phénomène a été démontré à l'échelle d'une petite baie par Dionne *et al.* (2003) et à l'échelle du sud du golfe Saint-Laurent à partir de l'analyse des contenus stomacaux de morue (Briand 2003). Dans l'éventualité d'un réchauffement du cœur de la CIF, une coalescence des deux « composantes » disjointes de la population de crabes cryptiques vers le cœur de la CIF est possible.

2.4. L'habitat du crabe des neiges en résumé

Dans l'état actuel des connaissances, on peut définir l'habitat de la phase benthique du crabe des neiges comme un territoire avec des fonds de sédiments meubles (enfouissement possible) exposés à une eau dont la température varie d'environ –1,5 à 4 °C et la salinité > 26 ‰. Les premiers stades juvéniles (<12 mm de LC) seraient plus sténothermes que les crabes plus grands et préféreraient une température de 0 à 2 °C au moins de façon saisonnière. À l'intérieur du golfe Saint-Laurent, l'ensemble de ces caractéristiques désigne donc les zones baignées par la CIF comme le cœur de l'habitat de la phase benthique du crabe des neiges, la zone côtière peu profonde étant utilisée seulement l'hiver pour des

activités importantes telles la mue et la reproduction, alors que les chenaux sont défavorables à l'année. Cependant, la présence de populations abondantes de poissons de fond prédateurs – en particulier les morues – pourrait peut-être empêcher l'occupation complète, par le crabe des neiges, du territoire benthique favorable du point de vue physico-chimique (e.g. Orensanz *et al.* 2004). En ce qui a trait à la phase larvaire, les conditions requises pour la survie et le développement sont les suivantes : des eaux de surface qui se réchauffent jusqu'à une température d'au moins 5 °C pendant plusieurs semaines et dont la salinité demeure supérieure à 26 ‰ ou diminue en bas de ce seuil pour de courtes périodes seulement. Drinkwater *et al.* (1998) ont développé un indice de l'étendue de l'habitat de la phase benthique du crabe des neiges qui est basé exclusivement sur la température et qui considère comme idéal les fonds baignés par des eaux entre –1 et 3 °C.

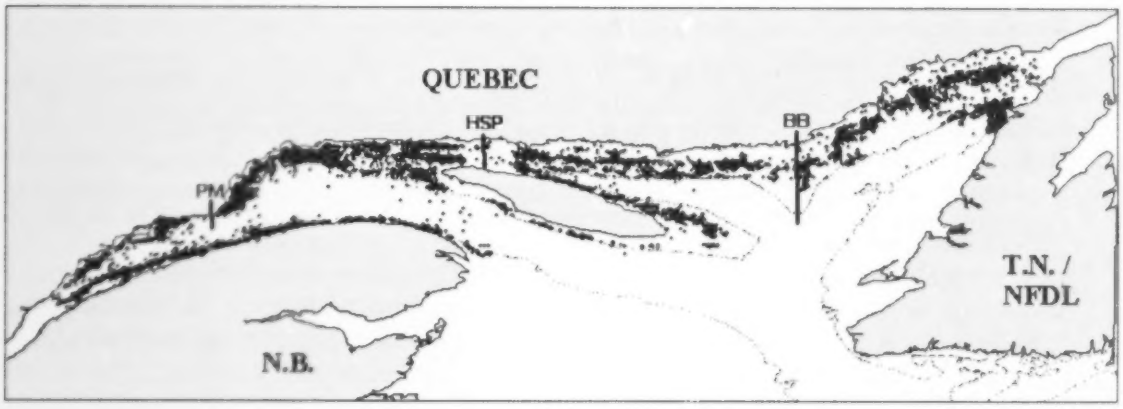


Figure 4. Distribution spatiale de l'effort de pêche au crabe des neiges dans le nord du golfe du Saint-Laurent intégrée sur la période 2000–2003, qui sont des années de grand effort. Notez les discontinuités évidentes de l'effort de pêche le long de la côte nord à la Pointe-des-Monts (PM), à Havre Saint-Pierre (HSP) et, dans une moindre mesure, sur le banc Baugé (BB). L'isobathe de 200 m est montrée.

3. VARIABILITÉ SPATIALE DE LA TAILLE ET DE LA PRODUCTIVITÉ

Il semble exister une hétérogénéité longitudinale de la taille à la mue terminale du crabe des neiges le long de la côte nord de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent, celle-ci étant apparemment moindre à l'est et au centre qu'à l'ouest du territoire. D'une part, on constate que le 2^{e} et le 98^{e} percentile de la LC des femelles et des mâles adultes sont significativement plus élevés dans le Saguenay et l'Estuaire que dans la baie Sainte-Marguerite et le long de la Basse Côte-Nord (Tableau 1). D'autre part, la densité des mâles adultes de taille sous-légale semble moins élevée dans l'Estuaire que dans le nord-ouest du Golfe et le long de la Basse Côte-Nord, alors que l'inverse est vrai des mâles adultes de taille légale, malgré une densité des premiers stades juvéniles apparemment égale aux deux endroits (Dufour et Dallaire 2003). Ce paradoxe peut s'expliquer par le fait qu'une

proportion plus importante des mâles effectue sa mue terminale avant l'atteinte de la taille commerciale (95 mm LC) dans le nord-ouest du Golfe et le long de la Basse Côte-Nord que dans le fjord du Saguenay et l'Estuaire (Tableau 1). La présence de ces différences régionales dans la taille à la mue terminale des femelles et des mâles confirme aussi que les mouvements longitudinaux du crabe des neiges sont d'ampleur limitée, sans quoi le gradient de taille ne serait pas apparent.

Le gradient de la taille à la mue terminale et de la proportion de mâles adultes de taille sous-légale pourrait être relié aux conditions en moyenne plus froides à l'est et au centre qu'à l'ouest du territoire, tel que démontré par Gilbert et Pettigrew (1997). En effet, il est proposé que la taille moyenne à la mue terminale est corrélée positivement à la température dans la fourchette de températures (environ –1,5 à 4 °C) occupée par le crabe des neiges (Somerton 1981, Sainte-Marie et Gilbert 1998, Ernst *et al.* 2005).

Tableau 1. Moyenne du 2^e (2 %) et du 98^e (98 %) percentile de la largeur de carapace (LC) des femelles et des mâles adultes ainsi que du pourcentage de mâles adultes de taille sous-légale (< 95 mm LC) par année dans le fjord du Saguenay (période 1990–1998), le long de la rive nord de l'estuaire du Saint-Laurent, dans la baie Sainte-Marguerite (nord-ouest du golfe Saint-Laurent) et le long de la Basse Côte-Nord (période 1989–2002). Les données proviennent de relevés indépendants de la pêche commerciale. Données tirées de B. Sainte-Marie, M. Dionne et R. Dufour (document en préparation).

	Femelles adultes LC (mm)		Mâles adultes LC (mm)		% mâles adultes < 95 mm LC
Site	2 %	98 %	2 %	98 %	
Saguenay	57,1	80,5	72,1	133,3	26,2
Estuaire du Saint-Laurent	46,3	69,6	55,3	125,8	51,2
Baie Sainte-Marguerite	41,3	63,2	45,2	117,4	79,3
Basse Côte-Nord	43,0	66,1	50,6	113,6	78,1

L'effet de la température sur la croissance du crabe des neiges est encore assez mal connu. La température a une influence déterminante sur la durée des stades larvaires zoé qui, selon Kon (1980), varie de 1,7 semaines à ≈ 18 °C jusqu'à 6,9 semaines à ≈ 5 °C pour le stade zoé I et de 1,9 semaines à ≈ 18 °C jusqu'à 8,1 semaines à ≈ 5 °C pour le stade zoé II. Dans le cas des juvéniles benthiques appartenant aux stades III (≈ 7 mm de LC) à VI (≈ 20 mm de LC), chaque degré de réchauffement entre –1.5 et 3 °C raccourcit la durée de l'intermue d'environ 30 jours (Gravel 2002; B. Sainte-Marie, données non publiées). Cependant, cette même augmentation de température n'entraîne qu'une légère diminution (non significative) de l'accroissement de taille à la mue (*op. cit.*). L'augmentation de la durée de l'intermue avec la diminution de la température pourrait expliquer

l'observation rapportée par Sainte-Marie et Dufour (1995) et Sainte-Marie et Gilbert (1998) selon laquelle les vagues de recrutement semblent survenir plus tard à l'est qu'à l'ouest du territoire du Québec.

4. DÉFINITION DES UNITÉS DE PRODUCTION DU CRABE DES NEIGES

4.1. Critères de définition

En l'absence de stocks génétiques distincts sur les côtes canadiennes, les unités de production du crabe des neiges devraient correspondre à des territoires sur lesquels il existe des individus reproducteurs en grand nombre et entre lesquels le nombre d'individus de la phase benthique qui sont échangés est nul ou relativement faible par rapport à la population totale incluse dans les unités contiguës. La fragmentation du territoire en unités de production se justifie du point de vue de la biologie et de la conservation de l'espèce si ces unités séparent des régions à caractéristiques physiques et à productivité biologique différentes et sont assez grandes pour contenir des populations reproductrices suffisamment importantes pour avoir un impact mesurable sur le processus de recrutement à plus grande échelle. Nous proposons de définir les unités de production du crabe des neiges dans le nord du golfe du Saint-Laurent en nous appuyant sur la base des critères suivants.

(a) Une unité de production du crabe des neiges est un territoire inclusif de l'ensemble des espaces occupés par l'un ou l'autre des stades benthiques des deux sexes au cours d'une même année ou au cours d'un cycle (épisode) pluriannuel de recrutement. Les déplacements d'individus benthiques à l'intérieur de ce territoire sont présumés plus importants que les échanges d'individus avec les unités avoisinantes.

(b) Le territoire d'une unité de production est configuré autour des pôles connus ou présumés de recrutement à la population, d'alimentation, de croissance et de reproduction. Les zones infralittorales qui sont occupées seulement l'hiver et les zones limitrophes plus profondes qui sont occupées surtout dans les années de forte abondance (pendant des vagues de recrutement) appartiennent à ce territoire.

(c) Le territoire d'une unité de production est délimité par la côte, un seuil ou un chenal à propriétés physico-chimiques inhospitalières aux stades benthiques du crabe des neiges, ou par des reliefs ou des zones de transition démarquant des habitats à propriétés physiques et à productivité biologique différentes.

4.2. Description des unités de production proposées

La proposition d'unités de production du crabe des neiges pour l'Estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent apparaît à la Fig. 5. Étant donné la pente généralement accentuée des fonds marins le long des côtes québécoises et le découpage du territoire par des chenaux profonds alimentés en eaux « chaudes » (> 4 °C),

inhospitalières tout particulièrement aux jeunes stades benthiques du crabe des neiges, les unités seront tout naturellement allongées et parallèles au littoral et aux chenaux. Les unités de production proposées sont généralement circonscrites sur la grande partie de leur périmètre par des frontières naturelles susceptibles de prévenir ou de fortement limiter les échanges d'individus. Cependant, les frontières des unités de production tracées à la tête des chenaux et aux limites administratives de la région du MPO-Québec ne sont probablement pas aussi étanches au passage des crabes.

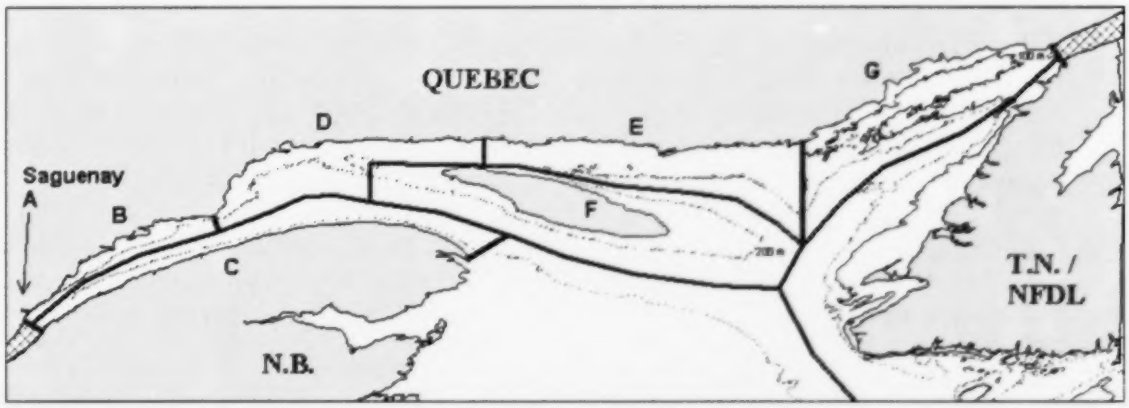


Figure 5. Unités de production du crabe des neiges proposées pour la région du Québec. Les parties hachurées à l'ouest et à l'est du territoire représentent des endroits où le crabe des neiges n'a jamais été observé ou seulement de façon sporadique et en très petits nombres. L'isobathe de 200 m est montrée, ainsi que celle de 100 m dans la partie est du golfe Saint-Laurent afin de délimiter la fosse de Mécatina (unité G) le long de la Basse Côte-Nord.

Unité A, fjord du Saguenay : Le seuil externe du fjord du Saguenay, qui affleure à environ 18 m de la surface, et le substrat dur ou de roche-mère du premier bassin et du seuil externe du fjord empêcheraient ou limiteraient sévèrement les échanges de stades benthiques avec l'estuaire du Saint-Laurent (Sainte-Marie *et al.* 1992). Plus d'un millier de mâles adultes ont été marqués dans le Saguenay entre 1990 et 1998, mais aucun n'a été recapturé dans l'Estuaire alors que le taux de recapture était élevé à l'intérieur du Fjord (B. Sainte-Marie et F. Hazel, données non publiées).

Unité B, Estuaire nord : La distribution du crabe des neiges est limitée à l'ouest de l'embouchure du Saguenay par la trop faible salinité (< 26 ‰). Les conditions de température au fond du chenal Laurentien sont inhospitalières au crabe des neiges et la situation actuelle résulte d'une tendance au réchauffement commencée vers le début du siècle précédent (Gilbert *et al.* 2005). Bien que des grands mâles s'aventurent à l'occasion sur les pentes et le fond du chenal Laurentien, ce dernier représente sans doute une barrière au passage des premiers stades benthiques des mâles et de toutes les femelles, ce qui justifie amplement la partition de l'Estuaire en parties nord et sud au point le plus profond du Chenal. L'unité B

s'arrête vers l'est à la Pointe-des-Monts, dont la paroi très abrupte et rocheuse réduit presque à néant l'habitat disponible pour le crabe des neiges. Les faibles captures lors du relevé post-saison effectué par l'Industrie et l'absence d'effort de pêche juste à l'ouest de la Pointe-des-Monts (Fig. 5) témoignent de la rareté des grands crabes des neiges dans ce secteur.

Unité C, Estuaire sud et nord de la péninsule gaspésienne : L'unité C comprend le côté sud de l'Estuaire et s'étend vers l'est jusqu'à la limite du territoire de la région administrative du MPO-Québec. L'unité C est soumise au courant de Gaspé qui s'écoule le long de la côte sud vers l'est et la population du nord de la péninsule gaspésienne de sorte que le recrutement de petits crabes dans ce secteur dépend probablement de larves produites dans l'Estuaire et le nord-ouest du Golfe.

Unité D, nord-ouest du Golfe : La frontière est de l'unité D est fixée au méridien 64°O qui traverse Havre Saint-Pierre jusqu'à proche de la rive nord d'Anticosti, car les fonds dans ce secteur sont principalement de gravier et de roche et ne semblent pas supporter une population importante de crabes. En effet, lors du relevé post-saison aux casiers, les deux transects d'échantillonnage effectués dans ce secteur ont toujours eu des rendements nuls ou faibles et il y a peu ou pas d'effort de pêche au voisinage de Havre Saint-Pierre (Fig. 5). L'unité D est délimitée au sud-ouest par la ligne de plus grande profondeur du chenal Laurentien jusqu'à l'intersection plus à l'est avec le méridien 64°42'O, qui marque une coulée profonde séparant le plateau de l'île d'Anticosti de celui de la Côte-Nord, puis par le parallèle 50°N jusqu'au méridien de Havre Saint-Pierre. Il est évident que la frontière avec l'unité F (plateau de l'île d'Anticosti) n'est pas étanche au passage des stades benthiques du crabe des neiges, mais les échanges sont probablement d'ampleur limitée surtout en ce qui concerne les petits crabes mâles et toutes les femelles.

Unité E, centre-nord du Golfe : L'unité de production E s'étend à l'ouest de l'unité C, dont elle se différencie par des fonds généralement plus hétérogènes et durs, jusqu'au méridien 60° O qui traverse le banc Baugé et qui le sépare de la fosse de Mécatina, un milieu particulièrement froid, plus à l'est. Au sud-ouest, l'unité E est délimitée par le parallèle 50° N jusqu'à la tête du chenal d'Anticosti, puis par la ligne de plus grande profondeur du chenal d'Anticosti.

Unité F, plateau de l'île d'Anticosti : Les limites ouest et nord de l'unité F ont déjà été établies dans la description des unités D et E. L'unité F est délimitée à l'est par la ligne de plus grande profondeur du chenal d'Esquiman et, au sud, par la ligne de plus grande profondeur du chenal Laurentien.

Unité G, Basse Côte-Nord : Cette unité représente l'écosystème froid de la fosse de Mécatina. À l'est, l'unité G s'arrête à l'embouchure du détroit de Belle-Isle, réputé très pauvre en crabes des neiges probablement en raison de sa faible profondeur et du substrat généralement dur. Au sud, l'unité G est délimitée par la ligne de plus grande profondeur du chenal Esquiman jusqu'à la tête du Chenal, puis par une ligne médiane jusqu'à l'embouchure du détroit de Belle-Isle. Il est certain qu'il peut y avoir un échange de crabes des neiges de la phase benthique entre la rive nord du Golfe et la côte ouest de Terre-Neuve, autour des têtes de la

fosse de Mécatina et du chenal Esquiman. La limite de l'unité G dans ce secteur reflète plus les contraintes de l'étendue du territoire administratif du MPO-Québec que l'écologie du crabe des neiges.

5. CONCLUSION

Nous avons synthétisé l'information disponible sur la distribution et la capacité de dispersion du crabe des neiges en fonction de facteurs biologiques (sexe, stade de développement, taille) et physiques (température, salinité, oxygène, substrat, pression et lumière). Le crabe des neiges est une espèce sténohaline et sténotherme, qui lors de la phase benthique semble préférer les substrats meubles baignés par des eaux à température de –1,5 °C jusqu'à 4 °C et à salinité > 26 ‰. Les larves ont une bonne capacité de dispersion. Les premiers stades benthiques sont plus sténothermes et moins mobiles que les plus grands crabes, mais de façon générale la capacité de dispersion est moindre lors de la phase benthique que lors de la phase larvaire.

Sur la base des facteurs biologiques et physiques qui limitent la distribution et la dispersion du crabe des neiges, nous proposons un découpage du territoire de la région du MPO-Québec en sept unités de production biologique. Ces unités sont centrées sur des territoires à propriétés océanographiques différentes et sont en général circonscrites par des habitats ou des reliefs inhospitaliers (chenaux profonds, seuils, côte, zones rocheuses) qui limitent ou qui préviennent les échanges d'individus de certains ou de tous les stades benthiques du crabe des neiges. Cette proposition d'unités biologiques est pour fins de discussion et pourrait être raffinée à mesure que s'améliorent les connaissances sur l'écologie du crabe des neiges. L'identification et l'utilisation des unités de production du crabe des neiges comme base pour l'évaluation des stocks pourrait permettre d'améliorer les avis scientifiques. Cet exercice devrait être effectué ailleurs et intégré à l'échelle de l'Atlantique du nord-ouest, tel que recommandé par le CCRH (2005).

6. REMERCIEMENTS

Nous remercions A.-M. Clément, H. Bourdages, J.A. Gagné, D. Gascon et L. Savard pour leur contribution à la correction et/ou à la discussion d'ébauches préliminaires de ce document. Merci à C. Cyr pour sa grande patience!

7. RÉFÉRENCES

Alunno-Bruscia, M. et Sainte-Marie, B. 1998. Abdomen allometry, ovary development, and growth of female snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the northwest Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **55** : 459-477.

Angers, A., Pothier, F., Sévigny, J.-M. et Sainte-Marie, B. 1994. Tissue specificity

and ontogeny of lactate dehydrogenase in snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Comp. Biochem. Physiol. **108B** : 385-395.

Biron, M., Savoie, L., Sabean, C., Wade E. et Moriyasu, M. 2003. Évaluation du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) pour la saison de pêche 2002 au large de l'est de la Nouvelle-Écosse (zones 20 à 24). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. **2003/012**, 73 p.

Bouchard, R., Brêthes, J.-C., Desrosiers, G. et Bailey, R. 1986. Changes in size distribution of snow crabs (*Chionoecetes opilio*) in the southwestern Gulf of St. Lawrence. J. Northw. Atl. Fish. Sci. **7** : 67-75.

Brêthes, J.-C.F. et Coulombe, F. 1990. Oriented movements of tagged male snow crabs (*Chionoecetes opilio* O. Fabr.) off the north shore of the Gulf of St. Lawrence. *Dans* : Melteff, B. (éd.), Proceedings of the International Symposium on King and Tanner crabs. Lowell Wakefield Fisheries Symposium Series, University of Alaska, Alaska Sea Grant Rep. **90-04**, p. 193-206.

Brêthes, J.-C.F., Coulombe, F., Lafleur, P.-E. et Bouchard, R. 1987. Habitat and spatial distribution of early benthic stages of the snow crab *Chionoecetes opilio* O. Fabricius off the north shore of the Gulf of St. Lawrence. J. Crustac. Biol. **7** : 667-681.

Briand, K. 2003. Distribution et force de recrutement des juvéniles du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), vues à travers les contenus stomacaux de morue franche (*Gadus morhua*). Mémoire M.Sc., Université du Québec à Rimouski, Rimouski, x + 72 p.

Charmantier, G. et Charmantier-Daures, M. 1995. Osmoregulation and salinity tolerance in zoeae and juveniles of the snow crab *Chionoecetes opilio*. Aquat. Living Resourc. **8** : 171-179.

CCRH (Conseil pour la Conservation des Ressources Halieutiques). 2005. Un cadre pour la conservation stratégique du crabe des neiges de l'Atlantique. Rapport pour le Ministre des Pêches et Océans, CCRH.05.R1, 49 p. + 11 annexes.

Comeau, M., Conan, G.Y., Maynou, F., Robichaud, G., Therriault, J.-C., Starr, M. 1998. Growth, spatial distribution, and abundance of benthic stages of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Bonne Bay, Newfoundland, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **55** : 262-279

Comeau, M., Robichaud, G., Starr, M., Therriault, J.-C. et Conan, G.Y. 1998. Mating of snow crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius, 1788) (Decapoda, Majidae) in the fjord of Bonne Bay, Newfoundland. Crustaceana **71** : 925-941.

Conan, G.Y., Starr, M., Comeau, M., Therriault, J.-C., Maynou i Hernàndez, F.X. et Robichaud, G. 1996. Life history strategies, recruitment fluctuations, and management of the Bonne Bay fjord Atlantic snow crab (*Chionoecetes opilio*).

Dans : High Latitude Crabs : Biology, Management, and Economics. University of Alaska, Sea Grant Coll. Prog. Rep. **96-02**, p. 59-97.

Coulombe, F., Brêthes, J.-C., Bouchard, R. et Desrosiers, G. 1985. Ségrégation édaphique et bathymétrique chez le crabe des neiges, *Chionoecetes opilio* (O. Fabr.), dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **42** : 169-180.

Dawe, E.G. et Colbourne, E.B. 2002. Distribution and demography of snow crab (*Chionoecetes opilio*) males on the Newfoundland and Labrador Shelf. *Dans* : Paul, A.J., Dawe, E.G., Elner, R., Jamieson, G.S., Kruse, G.H., Otto, R.S., Sainte-Marie, B., Shirley, T.C. et Woodby, D. (éd.), Crabs in cold water regions : biology, management, and economics. University of Alaska, Sea Grant Coll. Prog. Rep. **02-01**, p. 577-594.

Dionne, M., Sainte-Marie, B., Bourget, E. et Gilbert, D. 2003. Distribution and habitat selection of early benthic stages of snow crab *Chionoecetes opilio*. Mar. Ecol. Prog. Ser. **259** : 117-128.

Drinkwater, K.F., Pettipas, R.G., Petrie, W.M. et Swain, D.P. 1998. Temperature conditions in the Gulf of St. Lawrence and on the Scotian Shelf during 1997 relevant to snow crab. DFO, Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. **98/56**, 30 p.

Dufour, R. 1987. Overview of the distribution and movement of snow crab (*Chionoecetes opilio*). *Dans* : Jamieson, G.S. et McKone, W.D. (éd.), Proceedings of the International workshop on snow crab biology, December 8–10, 1987, Montréal, Québec. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. **2005**, p. 75-82.

Dufour, R. et Dallaire, J.-P. 2003. Le crabe des neiges de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent : état des populations de 1999 à 2001. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. **2003/048**, 57 p.

Ernst, B., Orensanz, J.M. et Armstrong, D.A. 2005. Spatial dynamics of female snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the eastern Bering Sea. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **62** : 250-268.

Foyle, T.P., O'Dor, R.K. et Elner, R.W. 1989. Energetically defining the thermal limits of the snow crab. J. Exp. Biol. **145** : 371-393.

Gilbert, D. et Pettigrew, B. 1997. Interannual variability (1948-1994) of the CIL core temperature in the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **54** (Suppl. 1):57-67.

Gilbert, D., Sundby, B., Gobeil, C., Mucci, A. et Tremblay, G.H. 2005. A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection. Limnol. Oceanogr. **50** : 1654-1666.

Gravel, K. 2002. Bilan énergétique des juvéniles du crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, à différentes températures. Mémoire M.Sc., Université du Québec à Rimouski, Rimouski, xiv + 121 p.

Hardy, D., Munro, J. et Dutil, J.-D. 1994. Temperature and salinity tolerance of the soft-shell and hard-shell male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Aquaculture **122** : 249-265.

Hooper R.G. 1986. A spring breeding migration of the snow crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabr.), into shallow water in Newfoundland. Crustaceana **50** : 257-264.

Kogane, T., Hamasaki, K. et Nogami, K. 2005. Effect of temperature on survival and developmental period of larval snow crab *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae) reared in the laboratory. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. **71** : 161-164.

Kon, T. 1980. Studies on the life history of Zuwai crab. Spec. Publ. Sado Mar. Biol. Sta. Niigata Univ. **2** : 1-64 (Can. Transl. Fish. Aquat. Sci. 5634).

Kon, T., Adachi, T. et Suzuki, Y. 2003. Distribution of snow crab, *Chionoecetes* spp., larvae off Wakasa Bay in the Sea of Japan. Fish. Sci. **69** : 1109-1115.

Lanteigne, M. 1985. Distribution spatio-temporelle des larves de crabe appartenant aux genres *Chionoecetes* et *Hyas*, dans la baie des Chaleurs, Canada. Mémoire M.Sc., Université de Moncton, Moncton, xi + 161 p.

Lefebvre, L. et Brêthes, J.-C.F. 1991. Orientation des déplacements de crabes des neiges mâles (*Chionoecetes opilio*) marqués dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **48** : 1167-1175.

Lovrich, G.A., Sainte-Marie, B. et Smith, B.D. 1995. Depth distribution and seasonal movements of *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae) in Baie Sainte-Marguerite, Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Zool. **73** : 1712-1726.

Mackay, W.C. et Prosser, C.L. 1970. Ionic and osmotic regulation in the king crab and two other North Pacific crustaceans. Comp. Biochem. Physiol. **34** : 273-280.

McBride, J. 1982. Tanner crab tag development and tagging experiments 1978-1982. *Dans* : Proc. Int. Symp. genus *Chionoecetes*. University of Alaska, Alaska Sea Grant Coll. Prog. Rep. **82-10**, p. 383-403.

Merkouris, S.E. et Seeb, L.W. 1998. Low levels of genetic diversity in highly exploited populations of Alaskan Tanner crabs, *Chionoecetes bairdi* and Alaskan and Atlantic snow crabs, *C. opilio*. Fish. Bull. **96** : 525-537.

Orensanz, J., Ernst, B., Armstrong, D.A., Stabeno, P. et Livingston, P. 2004. Contraction of the geographic range of distribution of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the eastern Bering Sea: An environmental ratchet? Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. **45** : 65-79.

Powles, H.W. 1966. Observations on the biology of two species of spider crabs, *Chionoecetes opilio* and *Hyas araneus*, in the Gulf of St. Lawrence. Fish. Res. Board Can. MS Rep. Ser. **884**, 36 p.

Puebla, O. 2003. Structure génétique des populations de crabe des neiges

(*Chionoecetes opilio*) à l'échelle de l'Atlantique du nord-ouest : analyse par utilisation de microsatellites. Mémoire M.Sc., Université du Québec à Rimouski, Rimouski, ix + 74 p.

Robichaud, D.A., Bailey, R.F.J. et Elner, R.W. 1989. Growth and distribution of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the southeastern Gulf of St. Lawrence. J. Shellfish Res. **8** : 13-23.

Robichaud, D.A., Elner, R.W. et Bailey, R.F.J. 1991. Differential selection of crab *Chionoecetes opilio* and *Hyas* spp. as prey by the sympatric cod *Gadus morhua* and thorny skate *Raja radiata*. Fish. Bull. NOAA **89** : 669-680.

Sainte-Marie, B. et Dufour, R. 1995. Le crabe des neiges de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent (zones de pêche 13, 14, 15, 16 et 17). *Dans* : Savard, L. (éd.), Rapport sur l'état des invertébrés en 1994: crustacés et mollusques des côtes du Québec et crevette nordique de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat. **2323**, p. 3-27.

Sainte-Marie, B., Dufour, R. et Desjardins, C. 1988. Beaching of snow crabs (*Chionoecetes opilio*) on the north shore of the Gulf of Saint Lawrence. Natur. can. **115** : 105-109.

Sainte-Marie, B. et Gilbert, D. 1998. Possible effects of changes in CIL temperature and thickness on population dynamics of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the Gulf of Saint Lawrence. Fisheries and Oceans Canada, Can. Stock Assess. Secr., Res. Doc. **98/38**, 19 p.

Sainte-Marie, B. et Hazel, F. 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **49** : 1282-1293.

Sainte-Marie, B., Lapointe, V., Archambault, D. et Dufour, R. 1992. Distribution spatiale et structure de taille du crabe des neiges, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), dans le fjord du Saguenay. Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat. **2156**, 12 p.

Sainte-Marie, B., Raymond, S. et Brêthes, J.-C. 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Can. J. Fish. Aquat. Sci. **52** : 903-924.

Slizkin A.G. 1982. Distribution of snow crabs of the genus *Chionoecetes* and their habitat in the northern part of the Pacific Ocean. *Dans* : Population dynamics and reproductive conditions of commercial invertebrates and algae in the Far Eastern Seas, Izvestiya TINRO **106** : 26-33 (Can Transl Fish Aquat Sci No. 5664).

Somerton, D.A. 1981. Regional variation in the size of maturity of two species of Tanner crab (*Chionoecetes bairdi* and *C. opilio*) in the eastern Bering Sea, and its use in defining management subareas. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **38** : 163-174.

Squires, H.J. 1990. Decapod Crustacea of the Atlantic coast of Canada. Can. Bull.

Fish. Aquat. Sci. **221**, 532 p.

Swain, D. et Wade, E. 2003. Spatial distribution of catch and effort in a fishery for snow crab (*Chionoecetes opilio*): tests of predictions of the ideal free distribution. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **60** : 897-909.

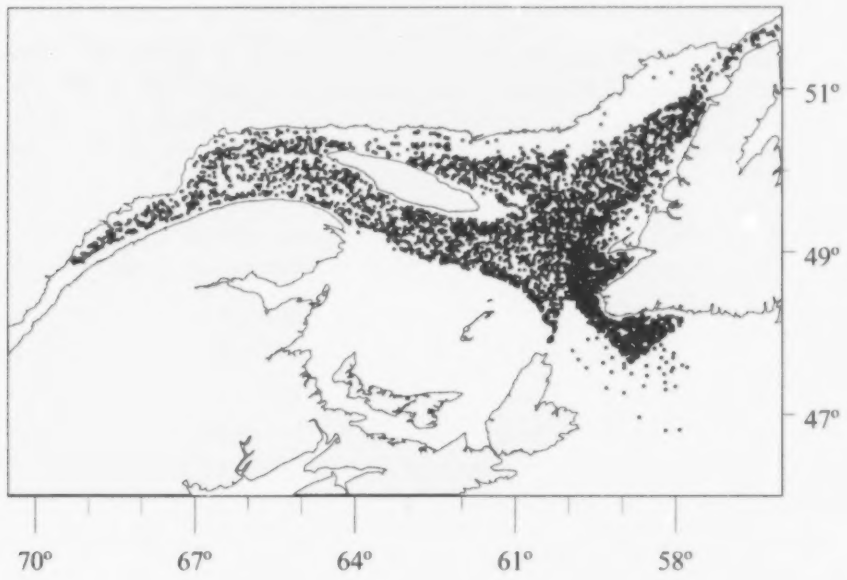
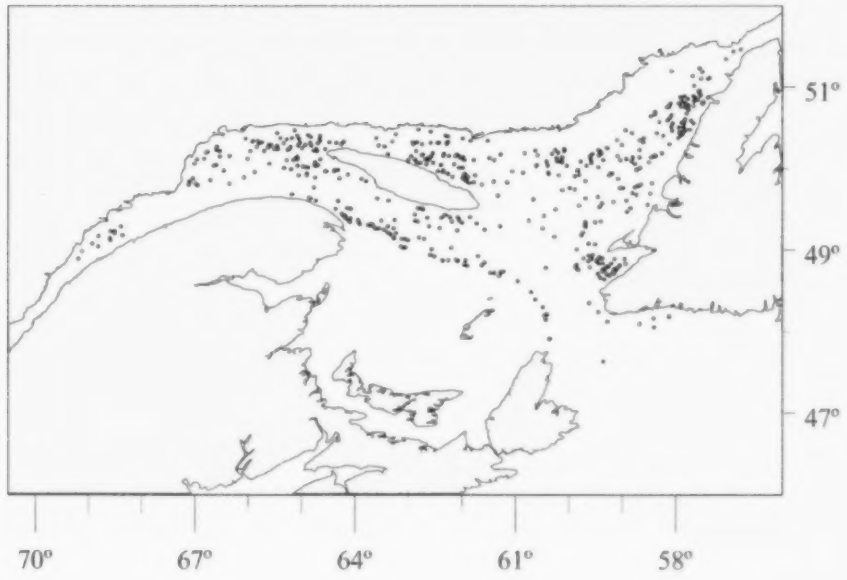
Taylor, D.M., Hooper, R.G. et Ennis, G.P. 1985. Biological aspects of the spring breeding migration of snow crabs, *Chionoecetes opilio*, in Bonne Bay, Newfoundland (Canada). Fish. Bull. **83** : 707-711.

Thompson, R.J. et Hawryluk, M. 1990. Physiological energetics of the snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Dans* : Melteff, B. (éd.), Proceedings of the International Symposium on King and Tanner crabs. Lowell Wakefield Fisheries Symposium Series, University of Alaska, Alaska Sea Grant Rep. **90-04**, p. 283-291.

Tremblay, M.J. 1997. Snow crab (*Chionoecetes opilio*) distribution limits and abundance trends on the Scotian Shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci. **128** : 7-22.

Williams, A.B. 1984. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 550 p.

Yanigomoto, T., Yosho, I. et Watanabe, K. 2004. Distribution and morphological maturation size of the snow crab, Chionoecetes opilio, in the southwest area of the Okhotsk Sea in summer. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. **70** : 750-757.

Yosho, I. et Hayashi, I. 1994. The bathymetric distribution of *Chionoecetes opilio* and *C. japonicus* (Majidae; Brachyura) in the western and northern areas of the Sea of Japan. Bull. Jpn. Sea Natl. Fish. Res. Inst. **44** : 59-71.

Annexe 1. Panneau du haut : position des 5139 traits de chalut effectués de 1984 à 1999 lors des levés multispécifiques des navires *Gadus Atlantica*, *Lady Hammond* et *Alfred Needler* dans le nord du golfe Saint-Laurent. Panneau du bas : position des 493 traits de chalut positifs (contenant au moins un crabe des neiges).